

## A talajtakaró változatosságát figyelembe vevő agrotechnika új lehetőségei

### Bevezetés

A talaj három- [négy] fázisú, négydimenziós (foltos, rétegzett, időben is változó) dinamikus, nyitott polidiszperz rendszer, amely környezetével állandó anyag- és energiaforgalomban van. A talaj egyik legfontosabb tulajdonsága a termékenység, melyet az egyes talajfizikai, illetve talajkémiai jellemzők együttese határoz meg. A talaj fizikai és kémiai tulajdonságai, így a talaj termékenysége nem állandó, térben és időben is változik. E változás léptéke is eltérő lehet, így akár egy mezőgazdasági táblán belül is elkülöníthetünk termékeny és kevésbé termékeny talajfoltokat, amit a növény-állomány jellemzőinek tér- és időbeli változása is jelezhet.

A mai növénytermesztési gyakorlat általában nem veszi figyelembe a talaj változatosságából adódó esetleges művelési, növényvédelmi, öntözési és tápanyag-utánpótlási különbségeket. A mezőgazdasági táblákat, illetve sok esetben nagyobb területeket is egyöntetűnek feltételezve, azonos agrotechnikai beavatkozásokat végeznek el. Ily módon a művelt terület egy része kap csak „optimális kezelést”, míg a fennmaradó rész nem megfelelő mértékű kezelésben részesül. Az utóbbi évek rohamos technikai fejlődése, a globális helyzetmeghatározó navigációs rendszerek (GPS), a mezőgazdasági gépek nagyfokú automatizálásának lehetősége, illetve a térinformatikai szoftverek (GIS) megjelenése lehetővé tette a talajok térbeli változatosságát is figyelembe vevő agrotechnikai beavatkozások megvalósítását. E dolgozat rövid összefoglalót kísérel meg adni erről a viszonylag új kutatási, illetve a gyakorlati mezőgazdaságban sikerrel és eredményesen alkalmazható módszerről.

### Alapfogalmak

Annak ellenére, hogy ez a technológia csak néhány éves – a tárgykörben az első nemzetközi konferenciát 1992-ben az amerikai egyesült államokbeli Minnesotában tartották – a szakirodalomban, illetve szakmai körökben számos elnevezése ismert, mint például: „farming by soil”; „farming soil, not fields”; „spatially prescriptive farming”; „computer aided farming”; „high-tech sustainable agriculture”; „precision farming”; „site specific crop management”.

A magyar szakmai körökben idáig a „precision farming”, azaz precíziós gazdálkodás elnevezés honosodott meg leginkább, amely azonban véleményem szerint nem fejezi ki hűen e technológia mögött álló filozófiát és koncepciót, hiszen ebben az elnevezésben pont a rendszer legfontosabb elemére, a térbeliség figyelembevételére nincs utalás. Talán kifejezőbb lenne a „Site Specific Crop Management” analógiájára

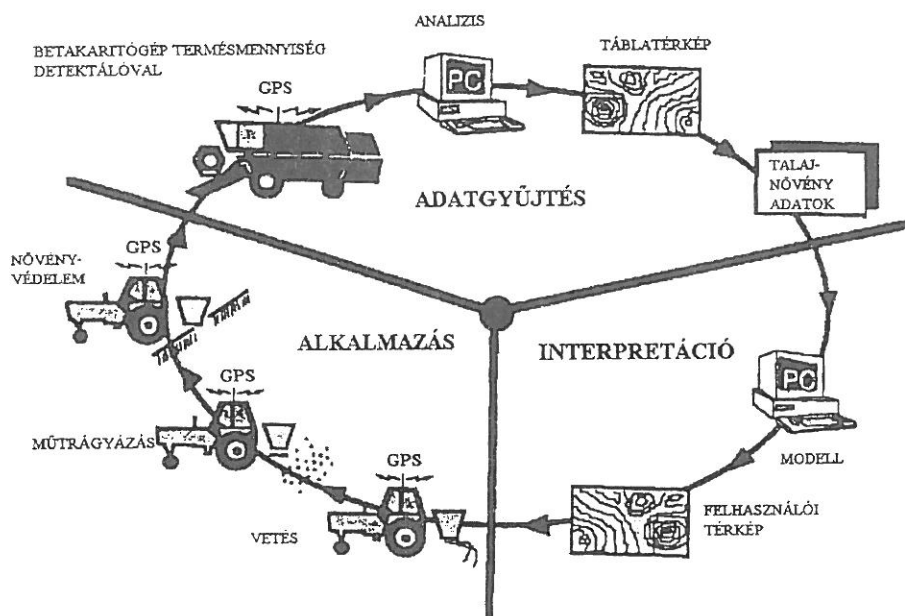
a „termőhely-specifikus termesztési rendszer” elnevezést használni. (A dolgozatban a továbbiakban ezt az elnevezést fogom alkalmazni.)

A termőhely-specifikus termesztési rendszer definíciója, hasonlóan az elnevezéséhez, nem teljesen egyöntetű. A technológia filozófiáját legjobban a következő meghatározás fogalmazza meg: „a termőhely-specifikus termesztés információ és technológiai alapú mezőgazdasági termelési rendszer, amelynek célja meghatározni, analízálni és „kezelni” a mezőgazdasági táblán belül előforduló talaj tér- és időbeli variabilitását, az optimális jövedelmezőségért, a mezőgazdasági termelés fenntarthatóságáért, valamint a környezet megóvásáért” (ASA-CSSA-SSSA Meeting, 1995).

A technológia megvalósításához digitálisan előállított és tárolt adatok szükségesek a vizsgált mezőgazdasági tábláról, illetve területről (SEARCY et al., 1989; SCHNUG et al., 1990; STAFFORD et al., 1991; VANISCHEN & DE BAERDEMAEKER, 1991).

A térben változó tulajdonságok, mint például a talaj típusa, nedvesség- és tápelem-tartalma, fizikai félesége, valamint a termesztett növények termésmennyiségének elemzésével előállíthatók egymástól jól elhatárolható „homogén” művelési egységek, melyek azonos kezelést, illetve agrotechnikát igényelnek.

A kezelés eredményességét, illetve hatásfokát a következő évi növénytermesztést bemutató hozamtérképek minősítik, valamint részben kijelölik a jövőbeni beavatkozások helyét és mértékét (REITZ & KUTZBACH, 1995). Az 1. ábrán jól megfigyelhető ez a tulajdonképpeni körfolyamat, amely a termőhely-specifikus termesztési rendszer logikai egységeit is szemlélteti (STAFFORD, 1996).

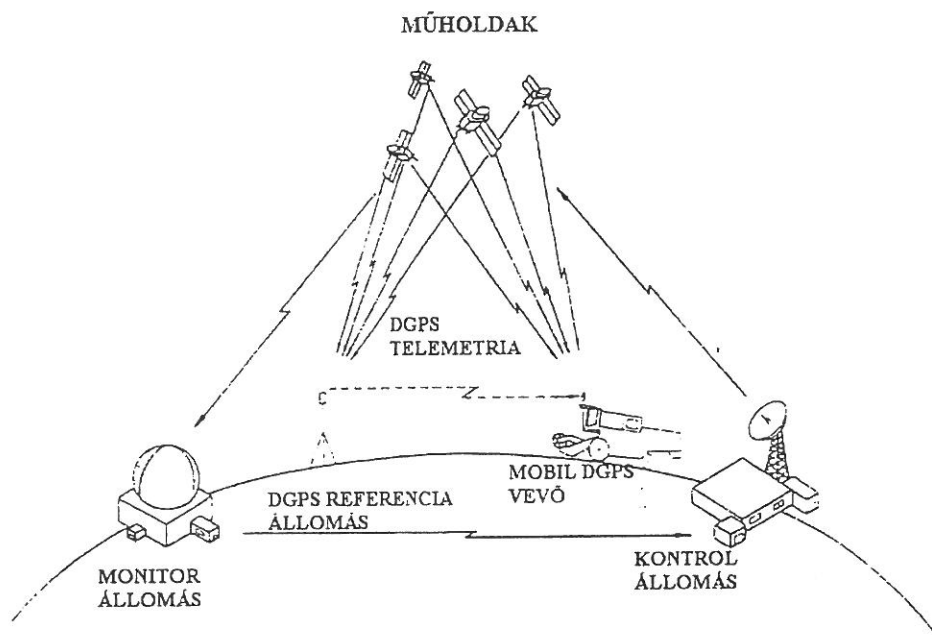


1. ábra

Termőhely-specifikus növénytermesztési rendszer körfolyamata

### Növényi termésmennyiségre vonatkozó adatok gyűjtése

A korábbi mezőgazdasági gyakorlattal szemben nem táblaátlagok megállapítása a cél, hanem részletes, a tábla meghatározott térbeli pontjaihoz rendelhető termésmennyiségek meghatározása. Ehhez nyilvánvalóan a betakarító gépet fel kell szerelni helymeghatározó navigációs rendszerrel (GPS), hogy a gép helyzete a tábla minden pontján meghatározható legyen. A 2. ábrán a GPS rendszer egyszerűsített működési vázlat látható, a rendszer működésére vonatkozó részletesebb információt többek kö-



2. ábra

Helymeghatározó navigációs rendszer (GPS) működési elve

zött FENTON és munkatársai (1991), illetve GEHUE és munkatársai (1994) munkáiból kaphatunk. A másik megoldandó technikai feladat a betakarított termény folyamatos detektálása. Erre kétféle lehetőség van, az egyik az indirekt mérési módszer (SCHUELLER & BAE, 1987), mint például a haladási sebesség segítségével történő termésmennyiség-meghatározás. Jóval pontosabb eredményt adnak az ún. direkt módszerek, melyek valamely érzékelőn keresztüli anyagáramlás mennyiségét mérik (VANSICHEN & DE BAERDEMAEKER, 1991). Ez a mérés lehet tömeg-, illetve térfogatmérés. Az utóbbi jóval pontatlanabb a változó víztartalom és a térfogattömeg miatt. Az anyagáramlás mennyiségének mérési módjairól BORGELT és SUDDUTH (1992) ad átfogó ismertetést.

Általánosságban a tábla adott pontján betakarított termésmennyiség a következő képlet segítségével számolható ki (REITZ & KUTZBACH, 1996):

$$Y_G(t) = \frac{m_G(t)}{v(t) \cdot w_C(t)} \cdot (1 - U_G(t)) \quad (1)$$

ahol:  $Y_G$ : a kombájn által egy tetszőleges ponton betakarított termés mennyisége;  $m_G$ : az érzékelőn átfolyó termésmennyiség;  $v$ : a kombájn haladási sebessége;  $w_G$ : aktuális vágási szélesség;  $U_G$ : a termés nedvességtartalma. Az ezekből az adatokból előállított növényi térkép pontosságát elsősorban a fent említett paraméterek mérési hibái határozzák meg.

### Talajtani adatok gyűjtése

Az adatgyűjtés következő fázisa a talajtani információk beszerzése. Természetesen tudnunk kell, hogy az adatokat műtrágyázási tanácsadásra, öntözés megtervezésére, esetleg növényvédelemi vagy talajművelési stratégia kidolgozására kívánjuk felhasználni.

Ennél a lépésnél a legnagyobb problémát a talajmintavétel, illetve a talajmintavételi egységek kijelölése jelenti, hiszen a talaj geneziséből adódóan egy heterogén rendszer, melyről teljesen részletes és objektív képet – még kis terület vizsgálata esetén is – csak nehezen kaphatunk. Ez nyilvánvaló, mivel a vizsgálni kívánt terület egészét „nem vihetjük be a laboratóriumba”, meg kell elégednünk egy elenyésző részével, a talajmintával. A mintavételi stratégia racionális véghezvitelével az adott területről – az igényelt pontosság szintjén – megfelelő információhoz juthatunk. Maguk a talajképző tényezők (földtani viszonyok, domborzat, éghajlat, biológiai hatás, a talajképződésre rendelkezésre álló idő) is nagyfokú variabilitással rendelkeznek, így nem meglepő, hogy a talajképződési folyamatok „eredménye”, a talaj is tér- és időbeli változatossággal rendelkezik. A talajok változatosságára azonban jelentős hatást gyakorol az intenzív mezőgazdasági tevékenység is (YOST et al., 1982).

A fent említett okok miatt számos tanulmány foglalkozott a talajmintavételi eljárások problematikájával (CLINE, 1944; PETERSON & CALVIN, 1986; SABBE & MARX, 1987; WEBSTER & BURGESS, 1984; TIM módszerkönyv, 1995; SARKADI, 1975; KÁDÁR, 1986), hibaforrásaival. A racionális mintavételi stratégia fontosságát jelzi, hogy irodalmi adatok szerint a mintavételi hiba egy nagyságrenddel, de legalább 3–4-szer nagyobb, mint az analitikai hiba (JACKSON, 1958; SMITH, 1959). Erről a kérdéskörrel többek között a ДАНИЛА és munkatársai (1984) által írt szemleciikk ad részletes összefoglalót.

A termőhely-specifikus termesztési rendszer megvalósításának is kulcskérdése az igényelt pontosságú talajtani információk begyűjtése az adott területről, a lehető legkisebb költséggel. A gyakorlatban a probléma megoldására a következő módszerek terjedtek el:

- talajtérképek alapján történő mintavétel;
- távérzékelési módszerek alkalmazása;
- növényi hozamtérképek alapján történő mintavétel;
- szisztematikus, „hálószerű” talajmintavétel.

A talajtulajdonságok folyamatos detektálására alkalmas, úgynevezett talajszenzorok is ismeretesek, de működésük még nem elég megbízható, illetve csak néhány talajtulajdonság mérésére alkalmasak (SUDDUTH et al., 1991).

### *Talajtérképek alapján történő mintavétel*

Ennél a módszernél már meglévő talajtérképek alapján történik a mintavételi egységek elhatárolása. Leggyakrabban nagyméretarányú genetikai talajtérképeket hasz-

nálnak fel erre a célra, melyekről az adott területen előforduló talajtípusok elhelyezkedését olvashatjuk le.

A különböző talajtípusok többnyire eltérő termékenységgel rendelkeznek, tehát elméletileg kijelölhetők a közel azonos termékenységgel rendelkező részek.

Számos munka számol be a genetikus térképek ilyen irányú alkalmazásáról (LONG et al., 1995; WAYNE & ROBERT, 1995). A tapasztalatok azt mutatják, hogy 1:10 000-es, vagy ennél nagyobb léptékű térképek használhatók fel erre a célra (MOORE et al., 1993; SZABOLCS, 1966; VÁRALLYAY, 1962; SARKADI & VÁRALLYAY, 1989). Magyarországon az ország mezőgazdasági területének mintegy kétharmadára meglévő, ún. nagyléptékű genetikus üzemi talajtérképek – esetleg kiegészítve a leíró kartogramokkal – jól alkalmazhatók erre. Természetesen csupán a talaj genetikai típusa sok esetben nem elégséges az azonos termékenységgel rendelkező területegységek kijelölésére, hiszen például az intenzív mezőgazdasági tevékenység is jelentős különbségeket okozhat akár egy talajtípuson belül is. Ezt a problémát csökkentheti a speciális, a talaj termékenységét legjobban meghatározó talajtulajdonságok nagyléptékű térképi ábrázolása, mint például tápelemtartalom, vízgazdálkodási tulajdonságok (ROBERT, 1993; YULE et al., 1996).

#### *Távérzékelési módszerek alkalmazása*

A hagyományos fekete-fehér légi felvételeket már régóta alkalmazzák a talajtérképészeti gyakorlatban, csakúgy, mint az infra felvételeket. Újabban jó lehetőséget biztosítanak a digitalizált ortofotók, melyek perspektivikus torzítás nélkül térképészeti pontossággal ábrázolják a vizsgált terület talajviszonyait. A légifotókon elhatárolható talajfoltok azonban csak akkor hordoznak valódi információt, amikor sikerül a kapcsolatot feltárni az egyes talajtulajdonságok, illetve a légifotók tónusai között. Például a WAYNE és ROBERT (1995) által elemzett légifotón a sötét tónus rosszul drénezett, szerves anyagban gazdag talajnak bizonyult, míg a világos szín erősen erodált területet jelzett. ROBERT (1993) vizsgálataiban szintén szoros összefüggést talált a talaj szervesanyag-tartalma és a vizsgált légifotók tónusai között. Természetesen a légifotók alkalmazhatók a termesztett növényállomány jellemzőinek elemzésére is (PEARSON & MILLER, 1972).

#### *Növényi hozamtérképek alapján történő mintavétel*

Ennél a módszernél a mintavételi egységek kijelölésére a növényihozam-térképeket használják. Hiszen a termőhely-specifikus termesztési rendszer megvalósítása érdekében a talajokról olyan felbontási szinten kívánunk információt kapni, amit már a növény terméscsökkenés nélkül nem tud kiegyenlíteni. A növényt tekinthetjük „mérőműszernek” is, amely jelzi, jelezheti a környezeti tényezők, köztük a talajnak a növényállomány jellemzőire és a termés mennyiségére, minőségére gyakorolt hatását. Az így előállított növényi biomasza térképek valamilyen szinten visszatükrözik a talaj mintázatát, így lehetőséget teremtenek a talajmintavételi egységek kijelölésére (SCHUELLER & BAE, 1987).

Az eddig tárgyalt módszerek azon alapulnak, hogy a vizsgált területet, kisebb, talajtanilag „homogén” egységekre osztják. A módszerek között csak elvi különbség van, nevezetesen milyen koncepció alapján történik a kisebb „homogén” egységek kijelölése. Miután valamelyik elv szerint kijelölték a mintavételi egységeket, következik

a tényleges mintavétel, amely általában költségkímélő, sok pontminta egyesítésével kapott átlagmintával történik.

#### *Szisztematikusan, „hálószerű” talajmintavétel*

A módszer lényege, hogy a vizsgált területet nagyszámú pontmintával jellemzik. Az egyik leggyakrabban alkalmazott módszer a négyzethálós mintavételi elrendezés (COCHRAN, 1977), de az ún. transzsektek mentén való mintavétel is gyakori (STEERS & HAJEK, 1979). Tekintettel arra, hogy ez a mintavételi eljárás nagy költséggel jár (sok analízis) (DE GRUIJTER & MARSMAN, 1985), főként kutatások esetén alkalmazzák. Előnye viszont, hogy a vizsgált területről nagy pontosságú információkat szolgáltat.

Az eljárás során a pontszerű adatok térbeli kiterjesztésére – ezen keresztül a térképi megjelenítésre – több térbeli becslő eljárás áll rendelkezésre, melyek között a legjobb lineáris torzítatlan becslést nyújtó módszer, a krigelésnek nevezett geostatistikai becslés (JOURNEL & HUIJBREGTS, 1978; WEBSTER, 1985; OLIVER, 1987; WARRICK et al., 1986). A krigelés alkalmazásának megelőző lépése a szemivariogram meghatározása. A szemivariogram megmutatja, hogy az egyes megfigyeléspár távolságok esetén átlagosan mekkora a párokon belüli eltérésnégyzet. A szemivariogram lefutása jellemzi a térbeli változatosság mértékét, léptékét és formáját. Számításakor szükséges feltétel a másodrendű, gyenge térbeli stacionaritás, azaz az átlag térbeli állandósága és adott távolságú megfigyeléspárookra kiszámított értékeltérések szórásának az állandósága (TÓTH et al., 1994). A krigelés súlyozott-, mozgóátlagos lineáris térbeli interpoláció, amelyben az alkalmazott, a mintákhoz rendelt súlyok minimalizálják a becslési varianciát. A súlyok értéke a szemivariogram modelltől, a pontok egymástól és a becslött ponttól vett távolságától függ (ENGLUND & SPARKS, 1988).

### Interpretáció

A fent tárgyalt módszerek valamelyikével előállított digitális talaj-, illetve növény-térképek elemzésével történik a szükséges beavatkozások mértékének és helyének meghatározása. Ennek a fázisnak legfontosabb és legnagyobb szakértelmet követelő része a vizsgált területen ható talaj–növény kapcsolatok meghatározása. Erre többek között a különböző egyszerűen alkalmazható statisztikai módszerek, mint például variancia-analízis (ANOVA) (WAYNE & ROBERT, 1995), valamint a többváltozós regressziós vizsgálatok (LONG et al., 1995; STEEL & TORRIE, 1980; TOMER et al., 1995) alkalmazhatók.

FINKE (1993) például ok–okozati kapcsolatot tárt fel a felvehető nitrogéntartalom, a talaj fizikai félesége, a tenyészidőszak alatt mért transzspirációs deficit, valamint a biomaszatömeg között.

DOBERMANN és munkatársai (1995) ugyancsak a táblán belüli növényi variabilitást vizsgálták és tapasztalatuk szerint a növényi heterogenitás a felvehető tápanyagtartalom egyenetlen térbeli eloszlására volt visszavezethető. BRESLER és munkatársai (1981) egy talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak variabilitását hasonlították növényi terméseredményekhez. Az eredmények és a keresztkorrelációs vizsgálatok a terméseredmények és a talaj vízgazdálkodási tulajdonságai közötti kapcsolatot bizonyították. KOVÁCS (1981) munkájában a növényi produkció, illetve tápanyag-beépítés ökológiai összefüggéseit vizsgálta.

A különböző, növényi produkciót, illetve azt befolyásoló talajtani paramétereket modellező programok (WAVE – VERHAGEN et al., 1995; LEACHM – FINKE, 1993; SWANY – BOUMA & HACK-TEN BROEKE, 1993) szintén jól alkalmazhatók talaj-növény kapcsolatok elemzésére, és ezen keresztül a talajtanilag „homogén” művelési egységek kijelölésére, és a szükséges beavatkozást ábrázoló térkép létrehozására. A modellezés arra is lehetőséget biztosít, hogy eltérő időjárási körülmények esetén is információkat szerezzünk a potenciális növényi produkcióról, térbeli változatosságról, valamint a talaj-növény rendszerben bekövetkező folyamatokról. Az így előállított digitálisan tárolt, eltérő talaj- és növénytérképek térinformatikai programok (GIS) (LONG et al., 1995) segítségével egymással összevethetők, esetleges összefüggések feltárhatók, valamint a felhasználói térképek létrehozhatók.

### Alkalmazás

Az előállított felhasználói térképek segítségével, valamint a szükséges technikai berendezésekkel (GPS, számítógépes vezérlés stb.) felszerelt gépek lehetővé teszik a különböző agrotechnikai beavatkozások „termőhely-specifikus” megvalósítását. Bár mely olyan agrotechnikai beavatkozás elvégezhető így, amely kivitelezésénél figyelembe kell, illetve lehet venni a talajok térbeli variabilitásából eredő táblán belüli különbségeket (például: vetés, műtrágyázás, növényvédelem, öntözés).

### Összefoglalás

A termőhely-specifikus termesztési rendszer koncepciója a táblán belüli talaj-variabilitás figyelembevételén alapszik. Vitathatalan hogy a mezőgazdasági termelés gazdaságosságát, fenntarthatóságát befolyásolja, hogy az alkalmazott agrotechnikai beavatkozások mennyire vannak összhangban a talajtulajdonságokkal. Napjaink mezőgazdasági termelése fokozott környezeti terhelést jelent a környezetre. A termőhely-specifikus termesztési rendszer alkalmazása mindenképpen előrelépést jelent a jelenlegi helyzethez viszonyítva, mivel segítségével megvalósíthatók a fenntartható mezőgazdasági fejlődés és talajhasználat térhez és időhöz igazodó okszerű agrotechnikai beavatkozásai.

### Irodalom

- BORGELT, S. C. & SUDDUTH, K. A., 1992. Grain flow monitoring for in-field yield mapping. ASAE Paper. 92-102.
- BOUMA, J. & HACK-TEN BROEKE, M. J. D., 1993. Simulation modelling as a method to study land qualities and crop productivity related to soil structure differences. *Geoderma*. 57. 51-67.
- BRESLER, E. et al., 1981. Spatial variability of crop yield as a stochastic soil process. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45. 600-605.
- CLINE, M. D., 1944. Principles of soil sampling. *Soil Sci.* 58. 275-288.
- COCHRAN, W. G., 1977. Sampling Techniques. J. Wiley. New York.
- DAHIYA, I. S., RICHTER, J. & MALIK, R. S., 1984. Soil spatial variability: a review. *Intern. J. Trop. Agric.* II. (1) 1-102.
- DE GRUIJTER, J. J. & MARSMAN, B. A., 1985. Transect sampling for reliable information on mapping units. In: *Soil Spatial Variability. Proc. Workshop ISSS and SSSA, Las Vegas, Nov. 30-Dec. 1.* (Eds.: NIELSEN, D. R. & BOUMA, J. B.) 150-163. PUDOC. Wageningen.



- DOBERMANN, A., PAMPOLINO, M. F. & NEUE, H. U., 1995. Spatial and temporal variability of transplanted rice at field scale. *Agron. J.* **87**. 712-720.
- ENGLUND, E. & SPARKS, A., 1988. GEO-EAS (Geostatistical Environmental Assessment Software) User's Guide. Environmental Monitoring Systems Laboratory. U.S. EPA, Las Vegas.
- FENTON, P. et al., 1991. NovAtel's GPS Receiver, the high performance OEM sensor of the future. *Proc. of GPS 91*. 49-58. The Institute of Navigation. Alexandria, VA.
- FINKE, P. A., 1993. Field scale variability of soil structure and its impact on crop growth and nitrate leaching in the analysis of fertilizing scenarios. *Geoderma*. **60**. 89-107.
- FINKE, P. A. & GOENSE, D., 1993. Differences in barley grain yields as a result of soil variability. *Journal of Agri. Cult. Sci.* **120**. 171-180.
- GEHUE, H. et al., 1994. GPS system integration and field approaches in precision farming. *Proc. of ION National Technical Meeting*, San Diego, CA, 24-26 January. 24-26.
- JACKSON, M. L., 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J.
- JOURNEL, A. G. & HUIJBREGTS, CH. J., 1978. *Minig Geostatistics*. Academic Press. London.
- KÁDÁR I., 1986. A tápanyagvizsgálatokat célzó talajmintavétel problémái hazánkban. *Agrokémia és Talajtan*. **35**. 405-414.
- KOVÁCS G. J., 1981 A kukoricatermelési rendszerek talajökológiai problémái: nitrogén és víz-hiány-stressz. *Kandidátusi értekezés*. Martonvásár.
- LONG, D. S., CARLSON, G. R. & DEGLORIA, S. D., 1995. Quality of field management maps. *Proc. Second International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems*. 252-284. ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI.
- MOORE, I. D. et al., 1993. Terrain analysis for soil specific crop management. *Proc. Second International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems*. 27-51. ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI.
- OLIVER, M. A., 1987. Geostatistics and its application to soil science. *Soil Use and Management*. **3**. 8-20.
- PEARSON, R. L. & MILLER, L. D., 1972. Remote mapping of standing crop biomass for estimation of the productivity of the shortgrass prairie. *Proceedings of the 8th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. 1357-1381. Ann Arbor, Michigan.
- PETERSON, R. G. & CALVIN, L. D., 1986. Sampling. In: *Methods of Soil Analysis*. (Ed.: KLUTE, A.) Part 1. 33-51. 2nd ed. *Agron. Monogr.* 9. ASA and SSSA. Madison, WI.
- REITZ, P. & KUTZBACH, H. D., 1996. Investigation on a particular yield mapping system for combine harvesters. *Computers and Electronics in Agriculture*. **14**. 137-150.
- ROBERT, P. C., 1993. Characterization of soil conditions at the field level for soil specific management. *Geoderma*. **60**. 57-72.
- SABBE, W. E. & MARX, D. V., 1987. *Soil Testing: Sampling, Correlation, Calibration and Interpretation*. SSSA Spec. Publ. 21. SSA. Madison, WI.
- SARKADI J., 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. *Mezőgazd. Kiadó*. Budapest.
- SARKADI, J. & VÁRALLYAY, GY., 1989. Advisory system for mineral fertilization based on large-scale landsite maps. *Agrokémia és Talajtan*. **38**. 775-789.
- SCHUELLER, J. K. & BAE, J. H., 1987. Spatially-attributed automatic combine data acquisition. *Computers and Electronics in Agriculture*. **2**. 119-127.
- SCHNUG, E., HANEKLAUS, S. & LAMP, J., 1990. Economic and ecological optimization of farm chemical application by „Computer Aided Farming” (CAF). In: *Proc. International Conference on Agricultural Engineering*, Berlin, Oct. 24-26, 1990. 162-163. VDI-AGR/MEG. Düsseldorf.
- SEARCY, S. W. et al., 1989. Mapping of spatially variable yield during grain combining. *Trans. ASAE*. **32**. (3). 826-829.
- Second International Conference on Site-specific Management for Agricultural Systems. ASA-CSSA-SSSA. Proceeding paper 13. Madison, WI.
- SMITH, A. M., 1959. *Soil Analysis and Fertilizer Recommendation*. Proc. No. 57. Fertiliser Society. London.



- STAFFORD, J. V., 1996. Spatially variable field operations. *Computers and Electronics in Agriculture*. **14**. 99–100.
- STAFFORD, J. V., AMBLER, B. & SMITH, M. B., 1991. Sensing and mapping grain yield variation. In: *Proc. ASAE Symposium on Automated Agriculture for the 21st Century*, Chicago, IL, 16–17 Dec., 1991. 356–365. ASAE. St. Joseph, MI.
- STEEL, R. G. D. & TORRIE, J. H., 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. 2nd. ed. McGraw–Hill. New York.
- STEERS, C. A. & HAJEK, B. F., 1979. Determination of map unit composition by a random selection of transects. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **43**. 156–160.
- SUDDUTH, K. A., HUMMEL, J. W. & CHAN, M. D., 1991. Soil organic matter sensing: a developing science. In: *Proc. ASAE Symposium on Automated Agriculture for the 21st Century*, Chicago, IL, 16–17 Dec. 1991. 307–316. ASAE. St. Joseph, MI.
- SZABOLCS I. (Szerk.), 1966. *A genetikus üzemi talajtérképezés módszerkönyve*. OMMI Genetikus talajtérképek kiadv. Ser. 1. No. 9. Budapest
- Talajvédelmi Információs Monitoring Rendszer, 1995. *Módszertan*. 1. kötet. FM Növényvédelmi és Agrár-Környezetgazdálkodási Főosztály. Budapest.
- TOMER, M. D., ANDERSON, J. L. & LAMB, J. A., 1995. Landscape analysis of soil and crop data using regression. *Proc. Second International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems*. 274–284. ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI.
- TÓTH T., SZABÓ J. & MÜLLER T., 1994. Veszélyeztetett területek érzékenységi térképei elkészítésének terepi módszere. Országos Környezetvédelmi Konferencia, Siófok, 1994. szept. 13–15. 164–172.
- VANSICHEN, R. & DE BAERDEMAEKER, J., 1991. Continuous wheat yield measurement on a combine. In: *Proc. ASAE Symposium on Automated Agriculture for the 21st Century*, Chicago, IL. 16–17 Dec. 1991. 346–355. ASAE. St. Joseph, MI..
- VÁRALLYAY GY., 1962. *Genetikus üzemi talajtérképek készítésének módszerei*. OMMI „Genetikus talajtan” c. előadássorozatának (Budapest) tanulmányai. 159–174.
- VERHAGEN, A., BOOLTINK, H. W. G. & BOUMA, J., 1995. Site-specific management: balancing production and environmental requirements at farm level. *Agricultural Systems*. **49**. 369–384.
- WARRICK, A. W., MYERS, D. B. & NIELSEN, D. R., 1986. Geostatistical methods applied to soil science. In: *Methods of Soil Analysis*. (Ed.: KLUTE, A.) Part 1. 48–63. ASA, SSSA, Madison.
- WAYNE, H. T. & ROBERT, P. C., 1995. Evaluation of mapping strategies for variable rate applications. *Proc. Second International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems*. 304–323. ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI.
- WEBSTER, R., 1985. Quantitative spatial analysis of soil in the field. In: *Advances in Soil Science*. **3**. (Ed.: STEWART, B. A.) 1–70. Springer-Verlag. New York.
- WEBSTER, R. & BURGESS, T. M., 1984. Sampling and bulking strategies for estimation of soil properties in small regions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **35**. 127–140.
- YOST, R. S., UEHARA, G. & FOX, R. L., 1982. Geostatistical analysis of soil chemical properties. II. Kriging. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **46**. 1033–1037.
- YULE, I. J. et al., 1996. A spatial inventory approach to farm planning. *Computer and Electronics in Agriculture*. **14**. 151–161.

*Érkezett. 1998. március 19.*

CZINEGE ERIK

MTA Talajtani és Agrokémiai  
Kutató Intézet, Budapest